

Die Verrottung von Getreide- und Maisstroh

Univ.-Prof. Dr. Anton Amberger
Lehrstuhl für Pflanzenernährung der TU München-Weihenstephan

In der Landwirtschaft hat in den letzten 25 Jahren eine sehr starke Rationalisierung und Mechanisierung stattgefunden. Innerhalb der pflanzlichen Produktion haben sich teilweise getreidestarke Fruchtfolgen, teils sogar reine Getreidemonokulturen entwickelt, deren Anbau- und Erntearbeiten sich leicht mechanisieren lassen. In zunehmendem Maße hat ferner der Körnermaisbau Eingang gefunden, dort, wo ausreichend günstige klimatische und pedologische Voraussetzungen gegeben sind.

Stroh ist das Abfallprodukt der Getreide- und Körnermaiszerzeugung, dessen Nutzwert je nach Betriebsform sehr unterschiedlich zu beurteilen ist. Wenn man von den geringen Möglichkeiten des Strohverkaufs oder einer technologischen Weiterverarbeitung (Energiegewinnung, Isoliermaterial, Bauplatten usw.) absieht, dann verbleibt entweder die Verwertung über den Viehstall zu Stallmist — allerdings ist heute durch die modernen Stallformen der Strohbedarf für diese Zwecke stark zurückgegangen — oder die Strohdüngung zur Humuserzeugung auf dem Felde, die damit der Verbesserung und Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit dient.

I. Weizenstroh (Rassadi und Amberger, 1975)

Die Zusammensetzung der verschiedenen Stroharten ist der Schlüssel für den zu erwartenden Rotteverlauf. Die Zwischen- und Endprodukte der Rotte sind hinsichtlich Menge und Qualität entscheidend für die zu erwartende Wirkung auf das Pflanzenwachstum sowie für die Humus- und Mineralstoffbilanz des Bodens.

1. Zusammensetzung

Tabelle 1:

Zusammensetzung des Weizenstrohes
(% d. Tr. S.)

Kohlenhydrate	
Cellulose	44
Pentosane	28
hydrol. Kohlenhydrate	27
Oligosaccharide	0'5
Monosaccharide	1'3
Lignin	17
Stickstoff	
Gesamt-N	0'45
nicht-hydrol.-N	0'13
nicht-wasserlösl.-N	0'33
Asche	4'7
C/N =	107

Das Weizenstroh (Tab. 1) ist reich an Cellulose, das sind hochpolymere Kohlenhydratketten, die mit Lignin verkittet sind; es enthält etwa $\frac{1}{2}$ Pentosane, also polymere Fünferzucker bzw. hydrolysierbare Kohlenhydrate vom Polymerisationsgrad der Stärke und schließlich einen geringen Gehalt an niedermolekularen Zuckern. Hinzu kommen zirka $\frac{1}{2}$ % Stickstoff, meistens in nichtwasserlöslicher Form und knapp 5% Asche. Das Weizenstroh ist gekennzeichnet durch ein weites C/N-Verhältnis (zirka 100 und mehr).

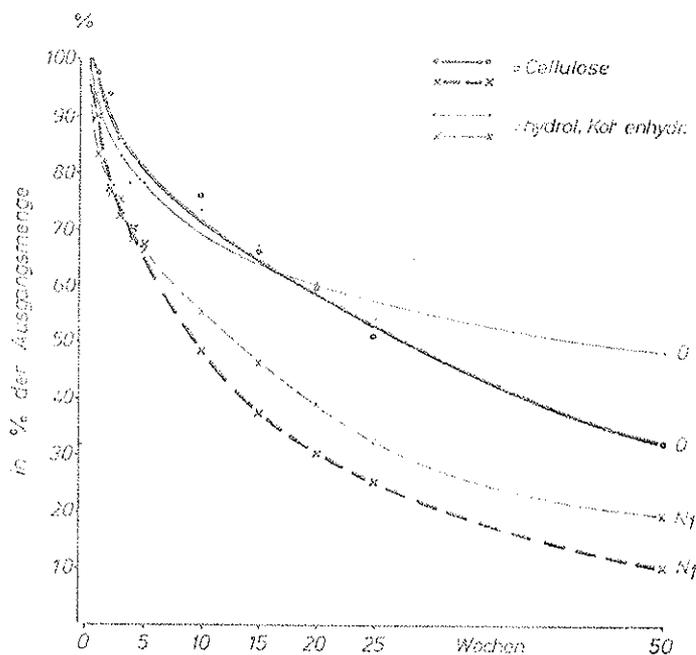
2. Verrottung

Mit diesem Weizenstroh haben wir einen über nahezu 1 Jahr hinweg verlaufenden Rotteversuch im Laboratorium durchgeführt bei Zimmertemperatur und gleichmäßiger Befeuchtung unter Zugabe von 0—0,5—1,0—1,5% N (bezogen auf die eingewogene Menge an org. Substanz) in Form von Harnstoff (Ha) bzw. Kalkstickstoff (Ka) und den Abbau der organischen Fraktionen verfolgt (Abb. 1).

Der Abbau von Cellulose bzw. hydrolyt. Kohlenhydraten (diese stellen chemisch gesehen keine einheitliche Stoffgruppe dar) verlief in den Kontrollgruppen ohne zusätzlichen Stickstoff, insbesondere während

Abbildung 1:

Abbau von Cellulose und „hydrolysierbaren Kohlenhydraten“ während der Rotte von Weizenstroh



der ersten Wochen, sehr langsam. Durch Zugabe von 0,5% N (in beiden Formen) wurde dagegen die Rotte erheblich beschleunigt; nach 50 Wochen waren nur noch 10 bis 20% der Ausgangsmenge an diesen Kohlenhydratformen übrig.

Tabelle 2:

C/N-Verhältnis im Verlaufe der Rottezeit von Weizenstroh

Rottezeit (Wochen)	O	Ha	Ka
0	107	48	48
5	93	40	40
10	90	34	40
20	73	27	30
50	52	19	18

Das C/N-Verhältnis (Tab. 2) hat sich in den Harnstoff- bzw. Kalkstickstoffgruppen auf zirka 20 : 1 verengt gegenüber 52 in der Kontrollgruppe.

Im Verlaufe dieses Humifizierungsprozesses zeigt sich die Bildung der biologisch sehr resistenten Dauerhumusstoffe äußerlich an durch eine zunehmend dunkle Verfärbung des Strohes, beginnend etwa ab der 4. Woche. Dabei werden völlig neue Stoffe gebildet, die im Ausgangsmaterial nicht vorhanden waren, und ferner wird Stickstoff in diese Rotteprodukte eingelagert (Tab. 3).

Tabelle 3:

**Humifizierung im Verlaufe der Rotte von Weizenstroh
(Ausgangsmenge: 300 g Org. Subst./Gefäß)**

Rottezeit (Wochen)	gebildete Huminstoffe (g/Gefäß)			gebildete Huminsäuren (g/Gefäß)		
	O	Ha	Ka	O	Ha	Ka
0	---	---	---	---	---	---
5	10'6	15'6	13'8	0'33	6'6	5'0
10	16'0	20'6	20'6	0'41	8'1	6'1
20	21'6	31'7	31'6	5'10	6'9	7'4
50	26'7	34'4	35'0	7'00	8'4	10'1

Durch Zugabe von mineral. Stickstoff zur Rotte wird der Aufbau echter Huminstoffe bzw. Huminsäuren stark gefördert. Aus rein pflanzlichem Material können also teils chemisch, teils biologisch Dauerhumusstoffe gebildet werden.

3. Wirkung auf das Pflanzenwachstum

Es ist bekannt, daß das weite C/N-Verhältnis des Weizenstrohes ohne mineralische Zusatzdüngung zu einer mikrobiellen Blockierung des Bodenstickstoffs führt. Das große Angebot an biologisch abbaubarem Material ruft eine riesige Mikroorganismenvermehrung hervor; da der im Stroh enthaltene Stickstoff aber nicht ausreicht zum Aufbau ihres

Körpereiweißes, wird der Bodenlösung Stickstoff entzogen, der damit den Kulturpflanzen fehlt. Das Ergebnis sind N-Mangelsymptome an der aufwachsenden Frucht. Ertragsdepressionen können vermieden werden durch Zugabe von mineralischem Stickstoff in der Größenordnung von etwa 1 kg N/dt Stroh (~ 40 kg N/ha).

4. Mineralstoff- und Humusbilanz

Versuchen wir nun, die Mineralstoff- bzw. Humusanlieferung an den Boden durch Strohdüngung zu quantifizieren, dann ergibt sich etwa folgendes Bild (Tab. 4):

Tabelle 4:

Weizenstroh: Mineralstoffgehalte und -entzüge
Strohertrag: 35 dt Tr. S./ha

Mineralstoffgehalte (% i. Tr. S.)		Entzüge	Vergleich: 100 dt Stallmist kg/ha	
N	0,45	16	N	50
P	0,10	8	P ₂ O ₅	25
K	0,80	34	K ₂ O	65
Ca	0,30	15	CaO	50
Mg	0,10	6	MgO	17

Von den heute vorherrschenden, mehr oder minder kurzstrohigen Weizensorten können wir auf Grund unserer Untersuchungen kaum höhere Stroherträge als 35 dt TS/ha erwarten (nicht selten werden diese Stroherträge erheblich überschätzt!); das sind etwa 40 dt luft-trockenes Stroh.

Unter der Voraussetzung einer optimalen Mineraldüngung zu Weizen werden somit zirka 16 kg N, 34 kg K₂O und 15 kg CaO neben sehr geringen P- und Mg-Mengen durch eine Strohdüngung wieder auf das Feld gebracht. Berücksichtigt man, daß Stickstoff und Phosphor von den strohabbauenden Mikroorganismen voll inkorporiert werden, dann könnten für die Düngung der Nachfrucht bestenfalls 34 kg K₂O in Anrechnung gebracht werden. Insgesamt gesehen, handelt es sich also um recht geringe Mineralstoffmengen.

Wird das Stroh dagegen auf dem Feld verbrannt, dann sind die genannten Mineralstoffmengen als voll pflanzenverfügbar zu betrachten.

Eine Gegenüberstellung der Mineralstoffzufuhr durch 100 dt Stallmist/ha ergibt etwa das Zwei- bis Dreifache an Nährstoffen gegenüber einer Strohdüngung bzw. Strohverbrennung.

In unseren Modellversuchen(!) wurden aus 1 kg Org. Substanz im Verlaufe eines Jahres durchschnittlich 150 Gramm Dauerhumusstoffe (Huminstoffe+Huminsäuren) gebildet.

Auf der Grundlage einer Strohdüngung von 35 dt TS ~ 33 dt Org. Substanz/ha würden somit ~ 5 dt Dauerhumus gebildet werden;

Tabelle 5:

Humuszufuhr durch Weizenstroh = bzw. Stallmistdüngung

Strohdüngung: 35 dt Tr. S./ha = 33 dt. Org. Substanz/ha

Dauerhumusbildung

(aus N: Modellversuch) g/kg Organische Substanz: 150

~ dt/ha Organische Substanz: 5

Nährhumus dt/ha Organische Substanz: 23

Stallmistdüngung: 100 dt Stallmist = 18 dt Org. Substanz

entsprechend: Dauerhumus 6 dt

Nährhumus 12 dt

der Rest wird durch Mikroben abgebaut (Nährhumus) und zur Energiegewinnung in ihrem Stoffwechsel verwendet.

Dagegen entsprechen 100 dt Stallmist etwa 13 dt Org. Substanz, von denen man etwa ein Drittel als Dauerhumusstoffe und zwei Drittel als mikrobiell abbaubaren Nährhumus annehmen kann.

Wir sind uns wohl bewußt, daß dieser Versuch einer Humusbilanzierung auf der Basis von Verrottungsversuchen im Laboratorium sehr problematisch ist; er liefert aber immerhin gewisse Anhaltspunkte für einen Vergleich mit anderen Formen der org. Düngung (z. B. Stallmist).

5. Schlußfolgerungen

Die Vorzüge und Nachteile einer Düngung mit Weizenstroh sind bekannt und müssen entsprechend berücksichtigt werden. Eine Strohdüngung auf der Basis von 35 dt Stroh — TS/ha liefert also, relativ geringe Mengen an Mineralstoffen, nahezu gleiche Mengen an Dauerhumusstoffen wie 100 dt Stallmist, aber etwa das Doppelte an Nährhumus.

Dieses große Angebot an mikrobiell abbaubarem Kohlenstoff kann aber mit zunehmender Häufigkeit der Strohdüngung auf manchen Standorten sehr wohl zu Schwierigkeiten in der Verrottung führen. Daher ist von Fall zu Fall laufend zu prüfen, wieviel Stroh der Boden unter den jeweiligen Klimabedingungen abzubauen vermag, zumal mit abnehmendem Hackfruchtanteil in der Fruchtfolge der jährliche Humusabbau geringer und die Humusbilanz somit sehr bald positiv wird.

Die Strohverbrennung ist daher insbesondere dort angebracht, wo durch Zufuhr von organ. Material die Erträge bzw. die Qualität nicht mehr verbessert werden können, damit also die Frage einer weiteren Humuszufuhr bedeutungslos ist.

II. Körnermaisstroh (Amberger 1971 sowie Amberger, Wagner, Rassadi, 1971 a und b, 1974)

Die Zusammensetzung des Körnermaisstrohes ist gegenüber dem Weizenstroh sehr verschieden; aber auch die einzelnen Pflanzenteile (Blätter, Lieschen, Stengel, Spindeln) haben eine unterschiedliche Zusam-

mensetzung und lassen daher sowohl einen anderen Rotteverlauf als auch eine andere Wirkung auf Pflanzenwuchs, Mineralstoff- und Humusbilanz erwarten. Wegen seiner Sperrigkeit kann Körnermaisstroh nicht zur Einstreu verwendet werden; auch zum Verbrennen eignet es sich schlecht, weil die Ernte sehr spät erfolgt und das Stroh daher nicht mehr genügend trocken wird. Somit verbleibt in der Regel nur die Verwendung als Humuslieferant in Form der Maisstrohdüngung.

1. Zusammensetzung

Tabelle 6:

Zusammensetzung des Körnermaisstrohes
(% i. Tr. S.)

	Blätter	Stengel	Spindeln
Kohlenhydrate			
Cellulose	34	33	36
Pentosane	28	23	33
hydrol. Kohlenhydrate	27	14	34
Oligosaccharide	0,9	9	0,2
Monosaccharide	1,4	12	2,3
Stickstoff			
Gesamt-N	1,07	0,54	0,39
nicht-hydrol.-N	0,14	0,13	0,12
nicht-wasserl.-N	0,94	0,33	0,35
Asche	8,90	6,10	2,70
C/N =	38	76	100

Das Maisstroh unterscheidet sich vom Weizenstroh im wesentlichen durch einen (um zirka 10%) geringeren Cellulosegehalt; ferner enthalten die Spindeln mehr Pentosane und hydrol. KH als die übrigen Pflanzenteile bzw. das Weizenstroh. Auffallend ist der hohe Gehalt der Stengel an Oligo- und Monosacchariden; ohne über deren Spezifität Genaueres aussagen zu können, handelt es sich doch um niedermolekulare Zucker, die mikrobiell leicht verwertbar sind. Interessant ist ferner der hohe N-Gehalt der Blätter und das sehr verschiedene C/N-Verhältnis von Blättern, Stengeln und Spindeln.

2. Verrottung

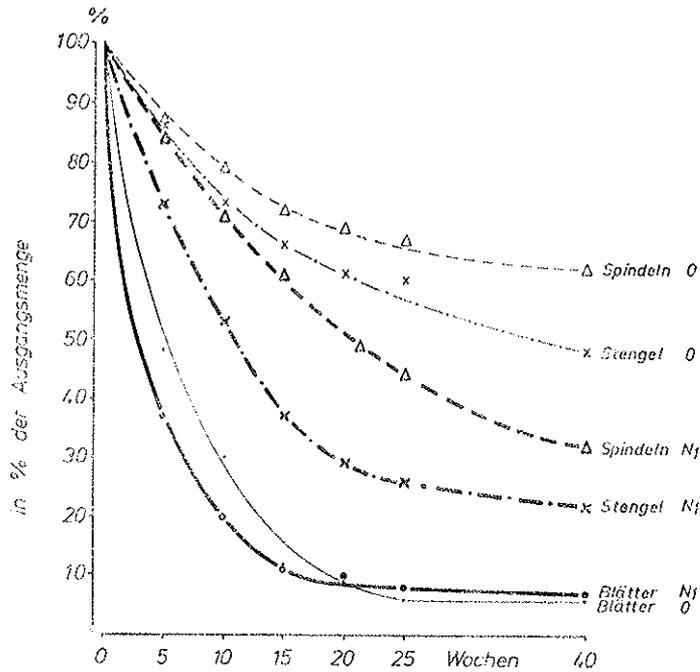
Unter Berücksichtigung des relativ niedrigen C/N-Verhältnisses der Blätter (= 38) verwundert der rasche Abbau der Cellulose keineswegs (Abb. 2), der auch durch Zugabe von mineral. Stickstoff nicht wesentlich beschleunigt wird.

Dagegen verläuft der Celluloseabbau in den Stengeln (C/N = 76) und noch mehr in den Spindeln (C/N = 100) erwartungsgemäß nicht nur sehr viel langsamer, sondern er kann durch Stickstoffzugabe auch erheblich gefördert werden.

Die hydrolysierbaren KH verhalten sich im Rotteversuch weitgehend ähnlich der Cellulose (Abb. 3).

Abbildung 2:

Abbau der Cellulose im Verlaufe der Rotte von Maisstroh



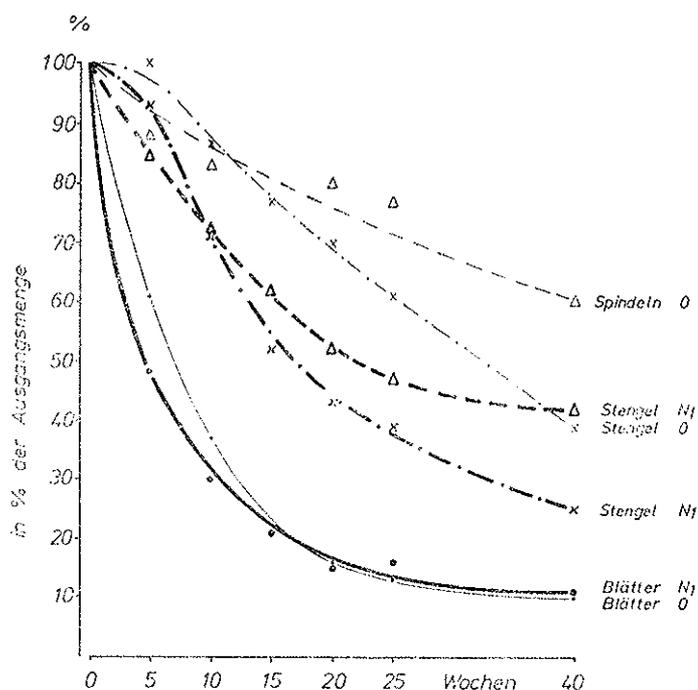
Das C/N-Verhältnis (Tab. 7) der Blätter hat sich im Verlaufe von 50 Wochen in den Gruppen ohne und mit Stickstoff gleichermaßen bis auf 10 bis 12 verengt. Ähnliche Endwerte und somit ein nahezu vollständiger Abbau des Stengelmaterials wurde durch Zugabe von 0,5% N erreicht; dagegen läßt die Kontrollgruppe eine deutliche Verzögerung erkennen. Der N-Zusatz zu den Spindeln reicht aber zu einer vollständigen Zersetzung nicht aus; der sehr reaktionsfähige Kalkstickstoff beschleunigt die Rotte stärker als der Harnstoff.

Tabelle 7:

C/N = Verhältnis im Verlaufe der Rotte von Maisstroh

Rottezeit (Wochen)	Blätter			Stengel			Spindel		
	O	Ha	Ka	O	Ha	Ka	O	Ha	Ka
0	38	27	27	76	41	41	100	48	48
5	27	19	22	56	34	35	92	53	44
10	25	15	19	55	25	31	86	48	41
20	16	13	14	43	21	19	78	35	31
50	11	10	12	16	12	11	38	30	23

Abbildung 3:
**Abbau der „hydrolysierbaren Kohlenhydrate“ im Verlaufe der Rotte von
 Maisstroh**



Hinsichtlich der **Humusbildung** aus Maisblättern (+Lieschen), Stengeln und Spindeln ergibt sich im Verlaufe von 40 Wochen folgendes Bild (Tab. 8).

Huminstoffe werden früher und in größerer Menge gebildet als die Huminsäuren. Aus den stickstoffreichen Blättern entstehen insgesamt mehr Huminstoffe und Huminsäuren als aus Stengeln + Spindeln zusammen (aus der Tabelle nicht zu erschen!). In den Rotteprodukten der Stengeln und Spindeln fehlen die Huminsäuren nahezu vollständig.

Tabelle 8:

Humifizierung im Verlaufe der Rotte mit Maisstroh
 (Ausgangsmenge: 300 g Org. Subst./Gefäß)

Rottezeit (Wochen)	gebildete Huminstoffe (g/Gefäß) Blätter + Stengel + Spindeln			gebildete Huminsäuren (g/Gefäß) Blätter + Stengel + Spindeln		
	O	Ha	Ka	O	Ha	Ka
0	---	---	---	---	---	---
5	28'2	43'9	46'2	2'49	13'5	10'1
10	29'6	51'0	51'8	2'75	15'0	10'5
20	50'8	70'0	76'8	14'70	21'1	24'5
40	64'0	74'0	86'0	18'00	29'1	31'2

Insgesamt betrachtet, kommen also recht beachtliche Mineralstoffmengen mit dem Maisstroh in den Boden, die etwa das 3fache gegenüber einer Düngung mit Weizenstroh ausmachen.

Tabelle 10:

Humuszufuhr durch Maisstroh = bzw. Stallmistdüngung

⊕ Körnermaisstroh-Ertrag: 60 dt Tr. S./ha						
davon entfallen auf:						
Blätter und Lieschen	45%	Stengel	40%	Spindeln	15%	Σ
= dt Tr. S./ha:	27		24		9	60
= dt Org. Subst./ha:	24'6		22'5		8'8	~ 56
Dauerhumusbildung						
(aus N ₁ Modellversuch)						
g/kg Org. Subst.:	185		93		89	
~ dt/ha:	4'6		2'1		0'9	7'6
Nährhumus dt/ha	20		20'4		7'9	48'4
Stallmistdüngung:						
100 dt Stallmist = dt		Org. Substanz				18
		Dauerhumus				6
entsprechend:		Nährhumus				12

Die Humuszufuhr durch eine Maisstrohernte (Tabelle 10) beträgt zirka 56 dt Org. Substanz/ha und läßt sich nach dem obengenannten Anteilverhältnis auf die verschiedenen Pflanzenteile entsprechend aufteilen.

In unseren Verrottungsversuchen wurden je Kilogramm Org. Substanz der Blätter 185 g, der Stengel 93 g und der Spindeln 89 g Dauerhumusformen gebildet; das entspricht einer Gesamtmenge von 7'6 dt/ha (= ein Siebentel der Ausgangsmenge an Org. Substanz); zirka 60% stammen von den Blättern, zirka 30% von den Stengeln und der Rest von den Spindeln.

Der mikrobiell umsetzbare Humus beträgt dann etwa 48 dt, von denen je 40% aus Blättern und Stengeln stammen. Ein Vergleich mit Stallmist zeigt, daß durch Körnermaisstroh um etwa 25% mehr Dauerhumus im Boden gebildet als durch 100 dt Stallmist zugeführt werden. Die Zufuhr an Nährhumus durch Maisstroh beträgt dagegen etwa das 4fache gegenüber Stallmist.

5. Schlußfolgerungen

Für die Verwertung des Körnermaisstrohes ergeben sich besondere Probleme; die Verwendung als Einstreu scheidet wegen der Sperrigkeit des Materials aus und das Verbrennen auf dem Feld ist in der Regel nicht möglich, da die Ernte sehr spät erfolgt und das Stroh nicht mehr genügend trocken wird. Somit verbleibt nur die Nutzung im Sinne einer Maisstrohdüngung. Auf Grund des günstigen C/N-Verhältnisses der Maisblätter (und eventuell auch der Stengel) ist entweder keine oder nur

Die Zugabe von mineralischem Stickstoff — insbesondere in Form von Kalkstickstoff — führt zu einer beträchtlich stärkeren Dauerhumusbildung.

3. Wirkung auf das Pflanzenwachstum

Steigende Mengen Maisblätter (C/N = 38) senken zwar zunächst das Wachstum der folgenden Frucht geringfügig, im weiteren Verlauf der Vegetationszeit wird aber der größte Teil des mikrobiell blockierten Stickstoffs bereits wieder pflanzenverfügbar.

Das weite C/N-Verhältnis der Stengel + Spindeln verursacht dagegen starke und länger anhaltende Wachstumsdepressionen.

Durch Zugabe von geringen Mengen an mineralischem Stickstoff verschwindet der anfangs nachteilige Einfluß der Düngung mit Maisstrohblättern, während zur Beseitigung der durch Stengel bzw. Spindeln erfolgten Depression größere N-Gaben notwendig sind. Im praktischen Anbau können je nach Bodenfruchtbarkeit zusätzliche Gaben von 0 bis 0,5 kg N/dt Stroh empfohlen werden.

4. Mineralstoff- und Humusbilanz

Tabelle 9:

Körnermaisstroh: Mineralstoffgehalte und -entzüge

Ø Körnermaisstroh-Ertrag: 60 dt Tr. S./ha

davon entfallen auf:

	Mineralstoffgehalte (% i. Tr. S.)			Entzüge (kg/ha)			Σ Körnermaisstroh	Vergleich 100 dt Stallmist
	Blätter und Lieschen	Stengel	Spindeln	Blätter + Lieschen	Stengel	Spindeln		
	45%			40%			15%	
	= dt Tr. S./ha	27		24			9	
N	1'07	0'54	0'39	29	15	4	48	N 50
P	0'22	0'23	0'18	6	6	2	32	P ₂ O ₅ 25
K	1'06	2'09	0'50	29	50	5	101	K ₂ O 65
Ca	0'92	0'23	0'08	25	6	1	45	CaO 50
Mg	0'28	0'16	0'06	6	4	1	22	MgO 17

Eine Körnermaisstroh-Ernte (Tab. 9) liefert nach Angaben der Bayer. Landesanstalt f. Bodenkultur u. Pflanzenbau in Weihenstephan je nach dem Reifegrad der Sorten etwa 58 bis 62 dt (im Ø also 60 dt) TS/ha. Davon entfallen (Amberger u. Wagner, 1965) zirka 45% auf Blätter + Lieschen, 40% auf Stengel und 15% auf Spindeln.

Unter Berücksichtigung der Mineralstoffgehalte der verschiedenen Pflanzenteile und deren Anteil am Strohertrag ergeben sich somit Entzüge von zirka 48 kg N, 32 kg P₂O₅ und 101 kg K₂O/ha. Durch eine Maisstrohdüngung werden dem Boden also etwa gleiche Mengen Stickstoff, Phosphor, Calcium und Magnesium zugeführt wie durch 100 dt Stallmist, dagegen ist die K-Gabe — bedingt durch die hohen Kaliwerte des Körnermaisstrohes (vor allem der Stengel) — beträchtlich höher.

eine geringe N-Ausgleichsdüngung zur Beschleunigung der Rotte auf dem Felde bzw. im Boden nötig.

Durch eine Maisstrohdüngung werden etwa um 25% mehr Dauerhumus gebildet als der Zufuhr von 100 dt Stallmist entspricht; die Nährhumusmenge beträgt aber das 4fache. Die durch den Vorgang der Mineralisation aus dem Maisstroh freiwerdenden Mineralstoffe entsprechen etwa denen von 100 dt Stallmist und betragen damit das 3fache des Weizenstrohes. Eine richtig durchgeführte Maisstrohdüngung ist daher eine vollwertige Maßnahme der organischen Düngung; die auf diese Weise zugeführten Mineralstoffmengen können insbesondere im Zeichen hoher Düngemittelpreise durchaus in der Nährstoffbilanz berücksichtigt werden.

Literatur

- Amberger, A.: In „Mais“, ein Handbuch über Produktionstechnik und Ökonomik von P. Rintel, Bayer. Landw. Verlag, München 1971.
- Amberger, A. u. Wagner, A.: Stoffliche Veränderungen bei der Rotte von Maisstroh. Landw. Forsch. SH 19, 116, 1965.
- Amberger, A., Wagner, A. u. Rassadi, F.: Über den Abbau der organischen Substanz bei der Verrottung von Maisstroh. Bayer. Landw. Jahrb. 48, 3, 1971a.
- Amberger, A., Wagner, A. u. Rassadi, F.: Über die Festlegung des Stickstoffs bei der Verrottung von Maisstroh. Bayer. Landw. Jahrb. 48, 199, 1971b.
- Rassadi, F. u. Amberger, A.: Veränderungen organischer Stoffgruppen im Verlaufe der Rotte von Weizenstroh. Landw. Forsch. 28, 102, 1975.
- Wagner, A., Amberger, A. u. Rassadi, F.: Über die Humusbildung bei der Verrottung von Maisstroh. Bayer. Landw. Jahrb. 51, 304, 1974.